

微生物生態学的な *Microcystis* 属の増殖抑制に関する検討

九州大学大学院工学府 学生会員 ○西村幸明 九州大学東アジア環境研究機構 郝愛民  
 西日本技術開発会社 正会員 井芹寧 九州大学大学院工学研究院 正会員 久場隆広  
 九州大学大学院工学府 学生会員 林田恵夢

1 序論

近年、湖沼等の閉鎖性水域では富栄養化によるアオコ（主に藍藻類の *Microcystis* 属）の大量発生が深刻な問題となっている。これに対処するために、さまざまなアオコ防除法が実施されているが、流域社会構造の問題等から対応が進捗せず、アオコ防除施設の設置や運用には多くの費用を要する等の問題を抱えている。今日の社会情勢より省エネルギーで持続性があり、水域環境の改善にも効果のある対策が求められている。そこで、本研究では、*Microcystis* 属と競合関係にある珪藻類を活性化させて *Microcystis* 属の増殖を抑制することを目的として、ケイ酸供給による室内実験及び現場実験を行い、*Microcystis* 属の生態工学的防除方法の有効性を検討した。

2 実験材料と方法

2.1 室内実験

実験材料と方法は表1に示した通りである。室内実験として水質の変化を確認する実験 A 及び *Microcystis* 属と珪藻類を含めた植物プランクトン組成の変化を確認する実験 B を実施した。また、水質の測定・分析については、pH には pH METER D-52 (HORIBA)、DO にはポータブルマルチ METER HQ30d (HORIBA) を用い、DTN、DTP、Chl.a 及び Si は上水試験方法に準じて行った。植物プランクトンの定量は位相差顕微鏡 (40~800 倍) とプランクトン計数板 (MPC-200、松浪硝子工業) を用いて行った。

表1 実験材料及び条件

| 種類        | 実験A  | 実験B                              |
|-----------|--|----------------------------------|
| 実験材料      | アオコ発生池水、ケイ酸ゲル (ケイ酸20%; 水分80%)  |                                  |
|           | KNO <sub>3</sub> 、NH <sub>4</sub> Cl、KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> |                                  |
| 実験容器      | 40L水槽  | 0.5L三角フラスコ                       |
| 初期添加栄養塩濃度 | DTN : 3.5mg/L、DTP : 0.2mg/L、   | 無添加                              |
| 実験溶液      | 水道水 : 29.3L<br>アオコ発生池水 : 0.7L  | アオコ発生池水 : 0.3L<br>各3連            |
| ケイ酸条件     | A0 : ケイ酸ゲル無添加<br>A1 : ケイ酸ゲル6g  | B0 : ケイ酸ゲル無添加<br>B1 : ケイ酸ゲル0.02g |
| 培養条件      | 照度 : 3400lux、12h : 明/12h : 暗<br>温度 : 25°C                            |                                  |
| 実験期間      | 5日間  | 39日間                             |
| 試料採取日     | 0、3、5  | 0、15、39                          |
| 測定項目      | pH、DO、DTN、DTP、Chl.a、Si、珪藻  | 植物プランクトン組成                       |

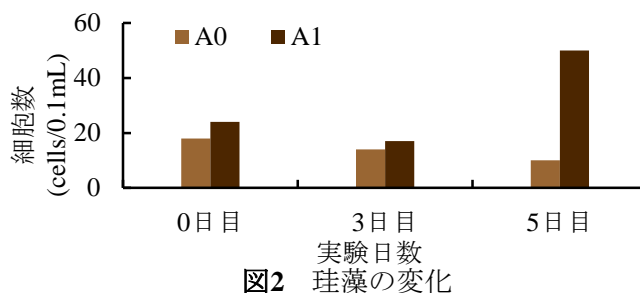
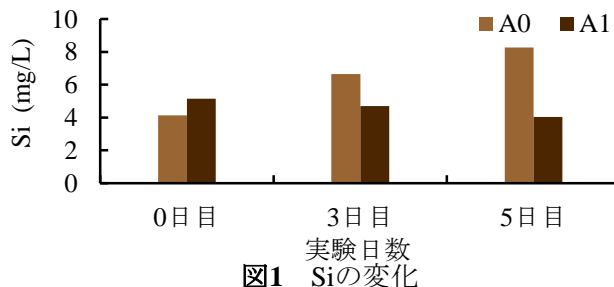
2.2 現場実験

1m<sup>3</sup> ビニール隔離水槽 (ケイ酸ゲルを添加していない C0 とケイ酸ゲルを添加した C1) の2つに均等になるようにアオコを添加したものを準備し、アオコが発生している九州の K ダムに設置し、実験を 24 日間行なった。また、植物プランクトンの定量については室内実験と同様に行なった。

3 結果及び考察

3.1 水質の変化 (室内実験 A)

実験期間中、pH は 7.3~8.3 の範囲であり、A0、A1 の間では pH の差は小さかった。全体を通して弱アルカリ性条件で、アオコ等の藻類活性への影響もないものと推察される。DO は 6.8~8.5mg/L の範囲で、A0、A1 の間の差も小さく、植物プランクトンの光合成活性に大きな変化はなかったものと推察される。DTN と DTP の濃度においては3日目と5日目ではDTNは4.3~4.4mg/L、DTPは0.47~0.51mg/Lの範囲で、NP 栄養塩濃度の変化は大きくなかった。Chl.a において A0、A1 の植物プランクトンはほとんど *Microcystis* 属で占められているため、ここでは Chl.a はアオコ量の指標となるものと考えられる。Chl.a は A0 では実験開始時から3日目にかけて増加したが、5日目には減少していた。A1 では全体を通じて Chl.a は減少する傾向が示され、5日目においては A1 の Chl.a は0日目と比較して3割程度までに減少していた。



キーワード アオコ *Microcystis* 属 珪藻 ケイ酸 緑藻

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 ウエスト 3 号館 917 TEL 092-802-3423 FAX 092-802-3423

Si 及び珪藻の結果を図1、図2に示した。SiはA0では0日目から5日目にかけて4.1mg/Lから8.3mg/Lへ増加したのに対し、A1では減少した。その要因を探るために珪藻類の総細胞数の変化を定性的に確認した。A0では減少傾向にあるのに対し、A1では増殖が示されたことから、ケイ酸の供給量を上回り、増殖した珪藻がケイ酸を吸収した可能性が考えられる。

3.2 植物プランクトン組成の変化 (室内実験 B)

植物プランクトン組成の変化を表2に示した。Microcystis 属は B0 では 15 日目まで約 200 × 10<sup>3</sup>cells/0.1mL 位の初期密度で維持され、39 日目には約 50 × 10<sup>3</sup>cells/0.1mL に減少した。それに対し、B1 では 15 日目と 39 日目にはそれぞれ B0 の 1/5 程度以下に抑制された。Microcystis 属以外の藍藻では Anabaena 及び Phormidium 等が増殖を示したが、B0 と比較して増殖量は抑制された。珪藻については、B0 と比較して B1 では Cyclotella、Nitzschia 等が増加傾向を示した。緑藻類については B0 と比較して B1 では A. falcatus 等で増殖傾向が示された。ケイ酸添加によるプランクトン組成への影響を検討するために、B0 と比較した B1 における各藻類の増減傾向を表3に取りまとめた。

B1 では Cyclotella、Nitzschia 等の珪藻の増殖により、Microcystis 属の増殖が抑制されたことが推察される。実験初期には Microcystis 属が優占していたが、ケイ酸添加により珪藻が徐々にケイ酸を吸収して増殖すると

表2 主要な植物プランクトン組成の変化 (cells/0.1mL)

| 種類                            | 学名                     | 実験ケース                  | 採取日     |         |        |   |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|---------|---------|--------|---|
|                               |                        |                        | 0       | 15      | 39     |   |
| 藍藻                            | Anabaena spp.          | B0                     |         | 34      | 4,933  |   |
|                               |                        | B1                     |         | 53      | 393    |   |
|                               | Aphanizomenon sp.      | B0                     |         |         | 867    |   |
|                               |                        | B1                     |         |         | 23     |   |
|                               | Microcystis spp.       | B0                     | 249,600 | 224,933 | 52,033 |   |
|                               |                        | B1                     |         | 41,400  | 10,976 |   |
| Phormidium sp.(f)             | B0                     |                        | 453     | 2,231   |        |   |
|                               | B1                     | 40                     | 652     | 320     |        |   |
| 珪藻                            | Aulacoseira spp.       | B0                     |         | 1       |        |   |
|                               |                        | B1                     | 3       |         | 11     |   |
|                               | Cyclotella sp.         | B0                     |         | 2       | 7      |   |
|                               |                        | B1                     |         | 4       | 137    |   |
|                               | Fragilaria crotonensis | B0                     |         | 2       | 20     |   |
|                               |                        | B1                     |         |         | 199    |   |
|                               | Nitzschia sp.          | B0                     |         | 298     | 117    |   |
|                               |                        | B1                     | 345     | 653     | 250    |   |
|                               | Synedra acus           | B0                     |         | 2       | 29     |   |
|                               |                        | B1                     | 20      | 7       | 123    |   |
|                               | 緑藻                     | Actinastrum hantzschii | B0      |         |        | 1 |
|                               |                        |                        | B1      | 16      | 3      |   |
| Ankistrodesmus falcatus       |                        | B0                     |         | 12      | 85     |   |
|                               |                        | B1                     | 16      | 61      | 593    |   |
| Coelastrum spp. (g)           |                        | B0                     |         |         | 12     |   |
|                               |                        | B1                     |         |         | 37     |   |
| Dictyosphaerium pulchellum    |                        | B0                     |         | 13      | 53     |   |
|                               |                        | B1                     |         | 107     | 591    |   |
| Oocystis spp. +Chlorella spp. |                        | B0                     |         |         |        |   |
|                               |                        | B1                     |         | 32      | 147    |   |
| Scenedesmus spp.              |                        | B0                     |         | 443     | 3,047  |   |
|                               |                        | B1                     |         | 1,300   | 4,900  |   |
| Schroederia sp.               | B0                     |                        |         |         |        |   |
|                               | B1                     |                        |         | 167     |        |   |
| Scelenastrum gracile          | B0                     |                        |         | 2       |        |   |
|                               | B1                     |                        |         | 70      |        |   |

注:表中空白欄は1cell/0.1mL未満を示す。

表3 藻類の増減傾向

| 種類                   | 学名                         | 増減 |
|----------------------|----------------------------|----|
| 藍藻                   | Anabaena spp.              | -- |
|                      | Aphanizomenon sp.          | -  |
|                      | Microcystis spp.           | -- |
|                      | Phormidium sp.             | -  |
| 珪藻                   | Aulacoseira spp.           | +  |
|                      | Cyclotella sp.             | ++ |
|                      | Fragilaria crotonensis     | ++ |
|                      | Nitzschia spp.             | +  |
| 緑藻                   | Synedra acus               | ++ |
|                      | Ankistrodesmus falcatus    | +  |
|                      | Dictyosphaerium pulchellum | ++ |
|                      | Oocystis spp.              | ++ |
|                      | Scenedesmus spp.           | +  |
|                      | Schroederia spp.           | +  |
| Scelenastrum gracile | +                          |    |

注) B0と比較したB1の各藻類の傾向

++ : 大きく増殖    + : 増殖  
 -- : 大きく減少    - : 減少

Microcystis 属の増殖が抑制された。それによってケイ酸による直接的影響が少なく、実験開始時には藻類間の競争において劣位にあった緑藻が二次的に増殖できる環境になり、このことから Microcystis 属の増殖がさらに抑制された可能性が考えられる。

3.3 植物プランクトン組成の変化 (現場実験 C)

Microcystis 属は C0 では 18 日目まで増殖傾向が確認され、24 日目には減少したのに対し、C1 では全体を通して減少傾向が確認され C0 と比較して、18 日目と 24 日目にはそれぞれ 1/10 程度以下にまで減少した。珪藻については、C0 では確認されなかった。一方、C1 では短期的な増殖傾向は見られなかったが、18 日目と 24 日目には増殖傾向が確認された。また、C1 においては緑藻の増殖傾向も確認された。このことから、ケイ酸供給により珪藻の増殖が促され、Microcystis 属の増殖を抑制し、さらに緑藻が二次的に増殖することで Microcystis 属が抑制されたとされる室内実験 B の結果と近い傾向が見られた。

4 結論

室内実験では、ケイ酸添加により珪藻の増殖が促進され、実験開始時に優占していた Microcystis 属が抑制された。それによって緑藻の二次的な増殖も認められ、このことがさらなる Microcystis 属の増殖抑制につながった。現場実験では、室内実験ほどの珪藻の増殖は見られなかったものの似た傾向が確認された。珪藻、緑藻の増殖による両面から Microcystis 属の増殖を抑制する技術開発につながる成果が得られた。

参考文献: 1) Caixia Kang, Takahiro Kuba, Aimin Hao, et al., Effects of Macrophyte Vallisneria asiatica Biomasses on the Algae Community, WASET 84, pp.2082-2087, 2013  
 謝辞: 本研究は JSPS 挑戦的萌芽研究学術研究基金の助成により行われたものである (課題番号: RAG5550057)